

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-218100

(43)Date of publication of application : 27.09.1986

(51)Int.Cl.

H05G 1/52
H01J 35/14

(21)Application number : 60-057707

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 22.03.1985

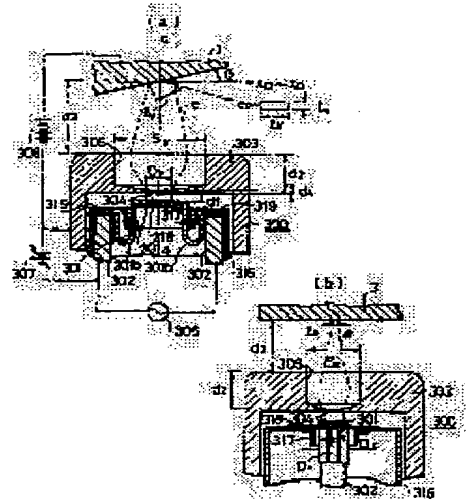
(72)Inventor : ONO KATSUHIRO
SAKUMA TATSUYA
TAKAHASHI HIROSHI

(54) X-RAY TUBE AND X-RAY PHOTOGRAPHING DEVICE UTILIZING SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain tube current in response to the size of focus by variably setting bias voltage in response to the size of focus which is previously set.

CONSTITUTION: An anode target 3 and a cathode unit 300 are accommodated in a facing position inside a vacuum envelope of X-ray tube. A directly heated cathode filament 301 is mounted in the cathode unit 300. An electron beam limiting hole 304 is formed in the position faced to the electron emission surface 301a of the cathode filament 301. A focusing groove 305 is installed along the limiting hole 304. The ratio of short side l_x and long side l_y of electron beam cross section e_0 on the target 3 is adjusted so as to keep 1.4 or less. By increasing the bias voltage of a bias control power source 307, the focus of an electron lens is moved to the rear of the anode target to increase the size of focus. By increasing the voltage of a cathode heating power source 306, tube current is increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-218100

⑤ Int. Cl.

H 05 G 1/52
H 01 J 35/14

識別記号

庁内整理番号

7046-4C
7301-5C

⑬ 公開 昭和61年(1986)9月27日

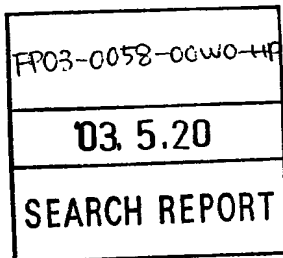
審査請求 未請求 発明の数 2 (全13頁)

⑭ 発明の名称 X線管装置及びそれを用いたX線撮影装置

⑮ 特 願 昭60-57707

⑯ 出 願 昭60(1985)3月22日

⑰ 発 明 者 小 野 勝 弘 川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝堀川工場内
⑰ 発 明 者 佐 久 間 立 也 川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝堀川工場内
⑰ 発 明 者 高 橋 宏 川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝堀川工場内
⑱ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地
⑲ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外 2 名



明 細 書

1. 発明の名称

X線管装置及びそれを用いたX線撮影装置

2. 特許請求の範囲

(1) 真空外囲器内に陽極及び陰極構体が相対向して設けられ、上記陰極構体は熱電子放出用の陰極及びその前方に設けられた電子ビーム制限孔を有する電子ビーム制限手段及びその前方に設けられた集束溝を有する電子ビーム集束手段を有し、上記陰極に対して正のバイアス電圧を電子ビーム制限孔との間に印加してなる電子凹レンズと上記集束溝が構成する電子凸レンズとの合成された電子レンズの焦点の位置を、上記バイアス電圧を高くすることによって上記陽極の表面より後方に移動させて焦点サイズが大きくなることを特徴とするX線管装置。

(2) 上記バイアス電圧を高くすると共に陰極温度を高くすることによって、焦点サイズが大きくなると共に管電流が増大できることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のX線管装

置。

(3) 上記正のバイアス電圧と陰極加熱用電源の電圧を予め設定された関係を保ちながら連動させ、少なくともそのどちらか一方を希望する焦点サイズに対応する値に設定することにより、焦点サイズとそれに対応して許容される管電流とを自動的に設定し得るようにした特許請求の範囲第1項及び第2項記載のX線管装置。

(4) 上記陰極が平板状フィラメントからなる特許請求の範囲第1項乃至第3項記載のX線管装置。

(5) 上記電子ビーム制限手段は実質的に正方形又は円形又はこれらに近い形状の電子ビーム制限孔を有し、上記集束溝は長方形又は楕円形又は実質的にこれに近い形状であり、その長軸又は長径が陽極ターゲットから照射されるX線錐の略中心線と上記陰極の中心を含む平面内に実質的に含まれるように組込まれた特許請求の範囲第1項乃至4項記載のX線管装置。

(6) 上記正のバイアス電圧を高くして焦点サ

イズを大きくした場合に、陰極温度を高くし、管電流を増大するようにした特許請求の範囲第1項乃至5項記載のX線管装置。

(7) 真空外囲器内に陽極及び陰極構体が相対向して設けられ、上記陰極構体は熱電子放出用の陰極及びその前方に設けられた電子ビーム制限孔を有する電子ビーム制限手段及びその前方に設けられた集束溝を有する電子ビーム集束手段を有し、上記陰極に対して正のバイアス電圧を電子ビーム制限孔との間に印加してなる電子凹レンズと上記集束溝が構成する電子凸レンズとの合成された電子レンズの焦点の位置を、上記バイアス電圧を高くすることによって上記陽極の後方に移動させることによって焦点サイズが大きくでき、かつ陰極加熱用電源の電圧を高くすることによって管電流が増大できるX線管装置と、当該X線管装置から放射されたX線を検出するためのX線検出器と、当該X線検出器の出力に応じて上記X線管装置のバイアス電圧と陰極加熱用電源の電圧を制御する制御回路と

従来一般のX線管の陰極構体2は第9図に示すように構成され、集束電極102の集束溝106内に陰極フィラメント101が配設されている。この陰極フィラメント101は熱電子を放出するためタングステンコイルからなり、熱電子を上記集束電極102により集束させる。このためフィラメント101と集束電極102は同電位とされる。尚、図中、点線103は集束電極102の近傍の等電位曲線を表わし、104は陰極フィラメント101のほぼ中央部から放出された電子の軌跡を表わし、105は陰極フィラメント101の側面に近い所から放出された電子の軌跡を表わしている。

ところで上記従来の陰極構体2においては、陰極フィラメント101をほぼ温度制限領域で使用するため、陰極フィラメント101の近傍の電界を強くする目的で陰極の一部を集束電極102の中に突出させている。このため陰極フィラメント101の近傍の等電位面は、点線103で示すように陰極フィラメント101の

を具備し、常に最適点サイズ及び管電流で撮影できるようにしたことを特徴とするX線撮影装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の技術分野〕

この発明は、被検体の種類、大きさに応じて必要な任意の大きさの焦点を得ることができ、焦点の大きさに応じた必要な任意の大きさの管電流を得ることができるX線管装置及びそれを利用したX線撮影装置に関する。

〔発明の技術的背景とその問題点〕

一般にX線管装置は例えばX線診断として医療用に利用されているが、胃の検診などの場合には従来第8図に示すようなX線管が用いられている。このX線管はいわゆる回転陽極型といわれるもので、真空外囲器1内に陰極構体2と傘形陽極ターゲット3が管軸から偏心して対向配設されている。そして陽極ターゲット3は、ステータ4により電磁誘導で回転駆動されるロータ5により回転するようになっている。

中央でふくらんだ形となり、陰極フィラメント101の略側壁から放出された電子105は側方に向うこととなる。この電子105と、陰極フィラメント101の略中央部から放出されて前方に向う電子104とを同一方向に集束させることができなく、図示したようにこれらの軌跡は軸上で交差する。従って、およそ全ての電子をある程度集束させた位置では、図示したように双峰性の電子強度分布107を示す。

ところが上記のように、陰極フィラメント101から放出された電子を集束電極102によって十分小さく集束できないので、陽極ターゲット3の位置で小さな焦点を得るためには、小さな陰極を用いる必要がある。従って、陰極温度を高めないと十分な高密度の電子を得ることができず、陰極フィラメント101の信頼性に問題があった。

又、陽極ターゲット3の位置での電子の進行方向が揃わないため、微小焦点が得られず、また電子分布にシャープさがなく、所望した電子

分布を得ることができない。●のために十分な高解像度を得ることと、陽極ターゲット3上での電子入射による温度上昇の最高値を低下させて、入射電子量を増大させることとを両立させることができない。これらは、陽極ターゲット3から発生するX線によって投影画像を作る場合に、解像度の増大とフォトンノイズの減少の防害となり、十分に鮮明な画像を得ることができない。

この欠点を除去する方法としては、平板状の陰極フィラメントを使用することが考えられる。

この例として特開昭55-68056号公報に開示される提案がある。

このような帯状平板からなる陰極フィラメントを有する第10図の従来例について述べる。同図中の符号201は帯状平板からなり口状に形成された陰極フィラメントで、フィラメント支柱(図示せず)に取付けられており、通電により直熱され熱電子を放出する。202は集束溝の深さHが浅い集束電極であり、上記陰極フ

分布となり、局所的な凹レンズを形成する。このために、陰極フィラメント201の端部近傍から発した電子の軌跡209は、等電位曲線210が一様な場合よりも集束電極202の壁に近づく。一方、集束電極202内の等電位曲線203は集束電極202の壁に近い部分において、集束電極202の中央部におけるよりも曲率が大きくなり、軌跡209は204よりも焦点距離が短くなり収差を生じる。このようにして十分な集束度を得ることができない。

又、集束電極をフィラメントと同電位とした上で、より一層集束効果を持たせるために集束電極202の深さHを大きくして f を小さくする場合には、陰極フィラメント201の近傍の電界が弱くなり、空間電荷制限状態となって陽極電位によって電流値が変化する。又、陽極電圧 V_a が30kV程度では、電流値が10mA以上とれない場合がある。

なお、集束電極202又は少し前方に浅い集束溝をもつ電極を置きこれに陰極フィラメント

フィラメント201が●てきた電子を集束する。203は集束電極202の近傍の等電位曲線である。208で示す陽極ターゲットは陰極フィラメント201及び集束電極202に対して正の高電位に保たれ、その位置は集束電極202の電子レンズの焦点距離 f と等しくしてある。

ところがこの従来例では、以下に述べる欠点を有している。

即ち、陰極フィラメント201の側面から出た電子205が中央から出た電子204とその軌道が大きく異なり、陽極ターゲット208上の電子分布207は、図示したごとく副焦点を持つことになる。この原因は、第10図と同一箇所に同一符号を付した第12図に示す如く、帯状平板からなる陰極フィラメント201の端部より出た電子の軌跡は線209の如くなる。なお点線210はこの陰極フィラメント201の表面に近く近い位置での等電位曲線を表わす。210は図示したように陰極フィラメント201の端部と集束電極202との間隙211で凹形

201に対して正のバイアス電圧を印加する例もあるが、この場合には、陰極フィラメントの長手方向(第10図と直角の方向)における電子ビームの集束性が悪くなることが考えられる。もっとも、前記公開公報に示される技術は焦点形状の相似的变化を得る目的での実現方策は何ら示されていない。

この例では、陰極フィラメントは特開昭55-68056号公報の第9図乃至第11図に示されたように、実質的に細長い熱電子放出面を有しており、この例では特開昭59-94348号公報に示されるように、陰極フィラメントの長手方向と短手方向に独立した別々のバイアス電圧を印加しないと、X線焦点の大きさを変えた場合に、その形状を相似的に保つことができないと考えられる。

焦点形状を一定に保って異なる大きさの焦点を得るための従来例として、特開昭59-94348号公報に記載された例がある。これは焦点の長さ方向、幅方向に対応する直交した

2方向に独立して電圧を与え(●)ので、第11図(a)、(b)に示すような構造となっている。この例では、希望する焦点サイズを得るためには、長手方向と短手方向に別々の電圧を印加する必要があり、X線管の構造が複雑になるだけでなく、高電圧ケーブルの芯線数を増す必要もあり、又、使用時に対応する電圧を決めるのが困難である。而も、この例では既述のように、陰極の側面からの電子によりシャープなエッジを有する焦点が得られない。更に、電極のコーナー部の電界により、焦点のコーナー部の形状がバイアス電圧と共に変化する。

〔発明の目的〕

この発明の目的は、X線の照射方向から見たX線焦点の形状が実質的に円形又は正方形、又は長手方向の長さが短手方向の長さの1.4倍以下の長方形又は楕円形又はこれらに近い形を保ち乍ら、1つのバイアス電圧を予め設定された焦点サイズに対応する値に可変、設定することにより、大きな範囲例えば0.1mm以下から1.5

ことを特徴とするX線管装置であり、更に上記の正のバイアス電圧と、上記の陰極加熱用電源の電圧を予め設定された関係を保ち乍ら連動させ、少なくともそのどちらか一方を希望する焦点サイズに対応する値に設定することにより、焦点サイズとそれに対応して許容される管電流の最大値とを自動的に設定し得るようにしたこととを特徴とするX線管装置である。

又、この発明は上記のX線管装置と、このX線管装置から放射されたX線を検出するためのX線検出器と、このX線検出器の出力に応じて上記X線管装置のバイアス電圧と陰極加熱用電源の電圧を制御する制御回路とを具備し、常に最適の焦点サイズ及び管電流で撮影できるようにしたX線撮影装置である。

〔発明の実施例〕

この発明を例えば陽極電圧120kV、陽極電流が10mAから1000mAまで変えられ、X線焦点が50 μ m乃至1mmの範囲を変えられるX線管に適用した場合を例に示す。これは第1図(a)、

■以上で、X線焦点(●)サイズを照射条件に合う任意の大きさに変えられ、而もその焦点サイズに対応して管電流を0~1000mA程度の大きな範囲に可変、設定できる万能焦点を有するX線管装置及びそれを用いたX線撮影装置を提供することである。

〔発明の概要〕

この発明は、真空外囲器内に陽極ターゲット及び陰極構体が相対向して設けられ、上記陰極構体が熱電子放出用の陰極及びその前方に電子ビーム制限孔を有する電子ビーム制限手段及びその前方に設けられた集束溝を有する電子ビーム集束手段を有し、上記陰極に対して正のバイアス電圧を電子ビーム制限孔との間に印加してなる電子凹レンズと上記集束溝が構成する電子凸レンズとの合成された電子レンズの焦点の位置を、上記バイアス電圧を高くすることによって上記陽極ターゲットの後方に移動させて焦点サイズが大きくなり、且つ陰極加熱用電源の電圧を高くすることによって管電流が増大できる

(b)、(c)、(d)、(e)に示すように構成され、X線管の図示しない真空外囲器内に陽極ターゲット3及びこれに対向して陰極構体300が設けられている。この陰極構体は、直熱型陰極フィラメント301がフィラメント支柱302、302に取付けられている。この場合、陰極フィラメント301は第2図(a)に示すように切欠きを有する帯状平板、例えば幅D₀が約10mmで、厚さが0.03mm程度のタングステン等の重金属の薄板からなり、中央部が電子放射面301aとなるように平坦に形成され、その両側は略直角に折曲げられて脚部となり、さらにU字状に曲げられて折返し部301b、301bが形成され、各端部301c、301cは外方へ略直角に折曲げられ上記電子放射面301aに近い高さのところでフィラメント支柱302、302に電子ビーム溶接等によって取付けられ電気的に接続されている。

上記フィラメント支柱302、302には、絶縁物302a、302aを介してフィラメン

ト固定用ブロック302b, 302bが機械的に強固に取付けてあり、上記陰極フィラメントの端部301cが図示のように電子ビーム溶接等によって取付けてある。従って、陰極フィラメント加熱時には、フィラメント支柱302, 302と上記したように切欠かれた各部は電気的に直列に接続され、陰極フィラメントのインピーダンスは高くなり、従来管と同程度のフィラメント電流及びフィラメント電圧で動作させることができる。更に、熱膨張等による変形も少なくできる。

このような陰極フィラメント301を取囲むように、円形カップ状の電子ビーム整形電極303が配設され、この電子ビーム整形電極303に上記フィラメント支柱302, 302が絶縁性支持体(図示せず)を介して固定されている。電子ビーム整形電極303には、上記陰極フィラメント301の電子放射面301aに対向して、電子ビーム制限孔304が形成されている。この電子ビーム制限孔304は、上

にシールド構体316, 317, 318が取付けられている。尚、これらのうち、一部分は省略してもよい。これらのシールド構体316, 317, 318は、フィラメント支柱302の一方と同電位又は近い電位に保たれており、他方のフィラメント支柱302とから絶縁されている。尚、シールド構体316, 317, 318は、フィラメント支柱302の片方に機械的に固定すると都合がよい。

又、第1図(a)に示すように、上記陰極フィラメント301はフィラメント支柱302と他の例えばMoからなる金属片319とで挟み、この金属片319の上方から電子ビーム溶接又はレーザービーム溶接を行なって製作すると、陰極フィラメント301とフィラメント支柱302とが広い面積で接合され、電気抵抗及び熱抵抗が小さくなり、局部的な加熱が防止される。

さて、陽極ターゲット3が、ターゲット面とX線を取り出す方向のX線放射軸Xとの交わる角度を θ とする(一般的に θ は $7^\circ \sim 20^\circ$ であ

記電子放射面301aの面積より小さい面積の例えば正方形又は円形又はこれに近い形にして、電子放射面301aの約0.7mm(寸法 d_1)前方に位置しており、電子放射面301a側の開口面は電子放射面301aと実質的に平行となっている。このような電子ビーム制限孔304に沿って、更に集束溝305が電子ビーム整形電極303に連設されている。この集束溝305は上記電子ビーム制限孔304より径大な例えば長方形にして、電子ビーム制限孔304、電子放射面301aと共に同軸的に形成され深さ d_2 が十分深い寸法に形成されている。そして集束溝305の底面は制限孔304にかけてテーパ状に形成されている。このテーパ面の軸(c)方向に沿う寸法は深さ d_2 に対して数分の1以下のわずかな寸法となるように形成されている。

又、上記陰極フィラメント301のうち、電子放射面301a以外の部分から出て来る熱電子による電子ビーム整形電極303の過熱を防止するために、陰極フィラメント301の周囲

る)。又、ターゲット面上の電子ビーム断面形状 θ の短辺を ℓ_x 、長辺を ℓ_y とする。そしてX線放射軸方向からみた焦点形状 X_f が、当該分野で広く認められているように長辺と短辺との比が1.4以下に保たれるようにする場合を考える。この比が1.0となれば焦点形状が正方形であり、空間解像度を良くすると云う点では最も好ましい状態である。そのようになるために、ターゲット面上の電子ビーム射突面形状が次の条件を満足するように設定される。

$$\frac{\ell_y}{\ell_x} = \frac{1}{\sin \theta} \quad \dots (1)$$

なお、上記のようにX線放射軸方向からみた焦点形状は、短、長辺比が約1.4まで許容されるので、ビーム焦点 θ の長、短辺比は次の範囲にあれば十分である。

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sin \theta} \leq \frac{\ell_y}{\ell_x} \leq \sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sin \theta} \quad \dots (2)$$

そして所定ビーム電流において最小の焦点(例えば一辺が $50 \mu\text{m}$)を得るとき、短辺又は

短径方向の電子ビームのビームウエストすなわち電子ビーム⑧の断面寸法が最小となる位置が丁度ターゲット面に一致するように形成されている。なお、電子ビーム⑧はビームウエストの下流では電子の相互反発で次第に広がり、断面寸法が増大してゆく。なおビーム焦点形状の長手方向がX線放射軸Xと一致する方向にする。

又、陰極フィラメント301に対して正のバイアス電圧を上記電子ビーム制限孔304に印加して、より大きな焦点を得る場合には、ビームウエストの位置は上記ターゲット3の後方に位置するようになる。そして、より大きなバイアス電圧に対して、より後方にビームウエストが移動し、 ℓ_x 、 ℓ_y が式(2)を保ち乍ら大きくなる。

今、 ℓ_y/ℓ_x が式(2)内のある値kが保たれて、それぞれの大きさが変化する場合を考える。このとき、kを定数として

$$\ell_y = k \cdot \ell_x \quad \dots (3)$$

となる。

が増大する。管電圧が一定の場合には、管電流が増えることを意味する。このために、例えば陰極加熱用電源の電圧を高めることにより、陰極温度を高め、熱電子放出量を増大させることが必要である。このとき、もし V_b が低くなることにより、焦点サイズ($\sim \ell_x$)が大きくなるように設計されておれば、電流が増大すること及び V_b が低下することにより、上記陰極301と上記電子ビーム制限孔304とが空間電荷制限2極管となり、陰極温度を上昇させても管電流が増大できない。

しかるに、この発明を採用すれば、焦点サイズ($\sim \ell_x$)が大きい場合には V_b が高いため、陰極温度を上昇することにより容易に管電流を増すことができ、いつも式(5)の入力限度一杯の状態で使用することができ、極めて有効である。

この発明を採用すれば、第3図に示すX線撮影装置のように、被写体401の大きさ、材質に応じたX線検出器402の出力を比較器403に入力し、必要なX線出力が得られるようにバ

回転陽極型X線管の入力限界について考える。よく知られたように、回転周波数 f (1/3)で回転しているターゲットに入力可能なパワーP例は次式で表わされる。

$$P = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \sqrt{\rho \cdot C \cdot \lambda \cdot R \cdot f} \times \Delta T \times \ell_y \times \ell_x^{\frac{1}{2}} \dots (4)$$

ここで、ターゲット上でのビームの形状は長さが ℓ_y で、ターゲットの回転方向の幅が ℓ_x の長方形であると考えた。又、 ΔT は焦点近傍でのターゲット表面の温度上昇(deg)、 ρ 、 C 、 λ はターゲット材の密度、比熱、熱伝導率であり、 R は電子ビームがターゲットに入射する位置と回転中心との距離である。式(3)を式(4)に代入することにより

$$P = K \ell_x^{\frac{3}{2}} \quad \dots (5)$$

を得る。但し、 K は式(4)に含まれる定数。

従って、上記のようにバイアス電圧 V_b を高くして、式(3)を保ち乍ら焦点サイズ($\sim \ell_x$)を増した場合に、式(5)で示されるように入力パワー

バイアス電源404の電圧 V_b 及び陰極加熱用電源306の電圧を予め設定された関係で自動的に決めることにより、どんな被写体であっても常に最適な条件に自動的に設定することができる。

次に、どのような構造にすれば、式(3)を保ち乍らその大きさが変えられるかについて述べる。

今、第4図に示すように陰極フィラメント301と電子ビーム制限孔304とで作られる凹レンズの長手方向及び短手方向の焦点距離をそれぞれ f_{y1} 、 f_{x1} とし、集束溝306の長手方向及び短手方向の焦点距離をそれぞれ f_{y2} 、 f_{x2} とする。 D_y 、 D_x は電子ビーム制限孔304の長手方向及び短手方向の長さであり、 d_f はレンズ間の距離である。

第4図から ℓ_y/ℓ_x を求め、これが、陰極フィラメント301と電子ビーム制限孔304との間に印加されるバイアス電圧 V_b に関係せず、一定であることが好ましい。 ℓ_y/ℓ_x を V_b で微分し、その値が V_b 、 f_{x1} 、 f_{y1} に関係せず常に近似的に0になるためには、 f_{y1} 、 $f_{x1} < f_{x2}$ 、 f_{y2} 、

$f_{x1} \approx d_s$ であることを考慮すると、

$$\left. \begin{aligned} \frac{df_{x1}}{dV_B} &= \frac{df_{y1}}{dV_B} \\ f_{x1} &= f_{y1} \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

であればよい。

これが成立する場合は、電圧 V_B による電界強度分布が、電子ビーム制限孔 304 と陰極フィラメント 301 の間で、長手方向 y と短手方向 x とで等しくなる場合である。換言すれば、上記した構造で $D_x = D_y$ の場合となる。

この場合、集束溝 305 の長手方向及び幅方向の長さをそれぞれ S_y 、 S_x とすると、式(2)の関係を満たす S_y 、 S_x の範囲を計算機により実験的に求めると、

$$1 < \frac{S_y}{S_x} \leq \frac{2}{\sin \theta} \dots (7)$$

であることが判った。

第1図の実施例では集束溝 305 の深さ寸法 d_s は、製作が容易となるように x 方向にも y 方

の最小の大きさは、短辺 ℓ_x が約 $50 \mu\text{m}$ 、長辺 ℓ_y が約 $180 \mu\text{m}$ となり、ターゲット角度が 16° の場合に X 線放射軸 X の方向からみた実効焦点 X_e は、一辺が約 $50 \mu\text{m}$ のほぼ正方形となり、均等な電子密度分布が得られた。

また、バイアス電位を 50 V から 1000 V の範囲で変化することにより焦点形状をほぼ相似的にして大きさを一辺が約 $50 \mu\text{m}$ から約 1 mm の寸法まで変化させることができた。

しかも陽極電圧を最大 150 kV 、陽極電流を焦点の大きさに応じてフィラメント電圧 306 を変えることにより最大 1000 mA までの範囲で使用する X 線管に適用して、実効焦点を長、短辺比が約 1.4 以下にとどめることができた。バイアス電位と電子ビーム焦点の短辺 ℓ_x 、長辺 ℓ_y の関係は第5図に示すようになり、X 線実効焦点 X_e の辺の比はおよそ 1.4 以下にとどめることができる。

上記実施例の電子ビーム集束状態を電子計算機によるシミュレーションの結果を第6図に示

向にも等しい寸法であり、この電極 303 からターゲット焦点位置までの距離 d_s に対して $1/3.5$ 乃至 $1/0.5$ の範囲となるように構成する。すなわち

$$0.5 \leq \frac{d_s}{d_s} \leq 3.5$$

を満足するようにしている。しかしながら、式(7)が成立する範囲で d_s をもっと大きくすることは、差支えない。

そしてフィラメント 301 にフィラメント電源 306 から加熱電力を与え直熱する。またフィラメントに対してビーム整形電極 303 に正の $50 \sim 1000 \text{ V}$ の範囲を可変できるバイアス電源 307 からバイアス電位を与え、さらに陽極ターゲット 3 に正の 120 kV 程度の陽極電圧を電源 308 から与えて動作させる。これによってバイアス電位が約 200 V 付近で電子ビーム e の短手方向のビームウエストがターゲット面に合致する。

そしてターゲット面上の電子ビーム焦点 e 。

して説明する。即ち、第6図は最小焦点時の第1図(b)に相当する断面図である。そして、既述のように陰極フィラメント 301 は幅が略 10 mm 程度で、厚さが 0.03 mm 程度のタングステン薄板からできており、フィラメント支柱 302 を通して通電され加熱される。陰極フィラメント 301 の表面から放出された熱電子は、電子ビーム制限孔 304 と陰極フィラメント 301 の間に印加されたバイアス電圧によってできる電界によって加速され、電子ビーム制限孔 304 に到達する。

この際、陰極フィラメント 301 の表面と電子ビーム制限孔 304 の表面が略平行となっているため、その間の等電位曲線 310 は略平行となり、電子ビーム制限孔 304 の端部を通る電子軌道をあまり乱さない。又、陰極フィラメント 301 の端部及び側面より出た電子 312 は電子ビーム制限孔 304 の壁に吸収され、集束溝 305 に入らない。

従って、陰極フィラメント 301 の中央部よ

り出たプリンジンク効果を含み、電子ビームのみ陽極ターゲット3に達することになる。電子ビーム制限孔304と陰極フィラメント301の距離 d_1 は、陰極フィラメント301の表面から出た電子がバイアス電圧によって温度制限領域で動作するように決められている。従って、電子ビーム制限孔304を通過する電子の量は、陰極フィラメント301の温度のみによって決まり、陽極ターゲット3上での電子密度分布の大きさは、バイアス電圧によって電流値と独立に可変できるようになっている。電子ビーム制限孔304によって制限された電子312は内壁313を加熱するが、内壁313は電子ビーム整形電極303の放射方向にテーパ状に厚くなっており、十分熱伝導を良くして局部過熱とならない。電子ビーム制限孔304を通過した電子は、距離 d_1 を通過する間に、その間の凹レンズ作用によって拡散させられるが、その電子ビーム密度は極めて均一となっている。この電子ビームは、十分深く強い凸レンズ作用を有

電子のみを加速するため、収差の少ないエッジがシャープな任意の大きさの焦点を得ることができる。又、陰極フィラメント301の側面から出た電子ビームが、電子ビーム制限孔304にてカットされるため、副焦点を生じない。

ところで上記実施例によれば、陰極フィラメント301の熱変形が少なく、熱電子放出面301aの温度が均一であるため、安定した動作を行なう。即ち、第12図は従来の帯状平板からなる陰極フィラメント201であり、フィラメント支柱206に取付けられているが、通電により陰極フィラメント201の温度が高くなると、その熱膨張により破線201'で示すように、中央部(熱電子放出面)が湾曲すると共に上方に大きくずれるため、上記特性の安定性が得られない。しかし、この発明では第2図(c)に示すように、陰極フィラメント301の脚部の熱膨張は折返し部301b、301bによって殆ど打ち消され、破線で示すように熱電子放出面301aの移動が少ない。又、熱電子放出

する集束溝305に強く集束され、短径、長径の両方の寸法が式(2)を満たすようになっている。

又、集束溝305はその内部の等電位曲線314が中央部の電子軌跡315と端部の電子軌跡311で収差をほとんど生じない。

以上、第1図(b)に示す短手方向について述べたが、第1図(a)に示す長手方向でも同様の動作が得られる。

〔発明の効果〕

この発明によれば、次のような優れた効果が得られる。

① 焦点サイズが被写体の大きさや材質に応じて任意の大きさに可変でき、大きな焦点に対しては十分大きな管電流を得ることができる。

② X線焦点の形状を常にほぼ一定に保ちながら、その大きさをただ1つのバイアス電圧の制御によって制御できる。そして陽極電流を増大しても焦点形状が悪化しない。

③ 陰極フィラメント301の中央部からの

面301aの膨張は脚部の折返し部301b、301bで吸収されるため、湾曲することはない。更に、脚部の強度が十分あり、自身の重量が少ないため、共振周波数が高くなり外部振動によるゆれも少ない。このようにして、電子集束特性を常に良好に保つことができる。

〔発明の変形例〕

上記実施例では、電子ビーム制限孔304及び集束溝305はいずれも正方形に形成されていたが、第7図に示すように、電子ビーム制限孔304を円形に集束溝305を楕円形に形成してもよい。そして集束溝305の短径 S_x 、長径 S_y を前述の関係式の範囲を満足するように構成する。これにより上記実施例と同様の効果が得られる。この場合、陽極ターゲット上での電子ビーム焦点は長軸が短軸の $1/\sin\theta$ になる楕円形となる。従って、X線管のX線放射口から見たX線焦点Xはほぼ真円形となる。又、バイアス電圧を変えた場合は、X線焦点は常に略円形を保ちながらその大きさを変えることになる。

上記した関係はバイアス電圧等の設定条件を変えた場合にもほぼ円形に保たれる。

尚、上記実施例及び変形例において、陰極フィラメント301の脚部の幅は、電子放出面301aよりも広くてもよい。

又、電子ビーム制限孔304、307と集束溝305、308とは必ずしも一体構造である必要はない。

又、陰極フィラメント301の電子放出面301aの幅は、電子ビーム制限孔304、307の幅よりも狭くても、上記と同様の効果を持たせることができる。

又、管電流が変化した場合に、それに対応してバイアス電圧を変えることによって、管電流の変化にも拘らず、所望の焦点の大きさを得ることができる。

又、この実施例では、電子ビーム制限孔304と集束溝305を一体構造の電子ビーム整形電極303内に設けているが、これらを機械的に分離しても良いことは勿論であるし、これらの

第5図はこの発明のX線管装置におけるバイアス電圧と陽極ターゲット上での電子ビーム焦点の辺と長さとの関係を示す特性曲線図、第6図はこの発明のX線管装置における動作モードを説明するために用いる断面図、第7図はこの発明の変形例を示す平面図、第8図は従来のX線管装置を示す概略構成図、第9図乃至第11図は従来のX線管装置における陰極構体の3例を示す断面図、第12図は第11図の陰極構体における欠点を説明するために用いる断面図、第13図は従来のX線管装置の陰極フィラメントを示す断面図である。

1…真空外囲器、2…陰極構体、3…陽極ターゲット、300…陰極構体、301…陰極フィラメント、301a…電子放射面、301b…折返し部、302…フィラメント支柱、303…電子ビーム整形電極、304…電子ビーム制限孔、305…集束溝、306…陰極加熱用電源、307…バイアス制御電源、401…被写体、402…X線検出器、403…比較器、

間に他のバイアス電圧を印加しても良いことは勿論である。

又、陰極として、バリウム含浸カソード等の傍熱形のものを使用しても良いことは勿論である。

又、陰極フィラメント301の表面を曲面にしても、同様の効果を持たせることはできる。

又、熱電子放出面301aを正方形あるいは円形にしても良いことは勿論である。

又、陰極フィラメントは分割のない平板でできていても良いことは勿論である。

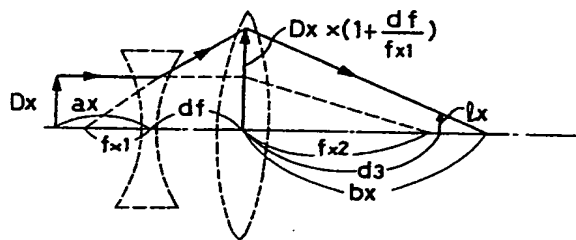
4. 図面の簡単な説明

第1図(a)~(c)はこの発明の一実施例に係るX線管装置の要部(陰極構体)を示す断面図、平面図、斜視図、断面図、第2図(a)、(b)、(c)はこの発明で用いる陰極フィラメントを示す組立平面図、斜視図、断面図、第3図はこの発明の一実施例に係るX線撮影装置を示すブロック線図、第4図(a)、(b)はこの発明のX線管装置における短手方向及び長手方向の集束状態を示す説明図。

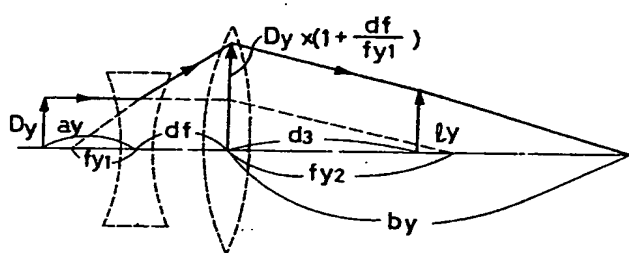
404…バイアス電源。

出願人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦

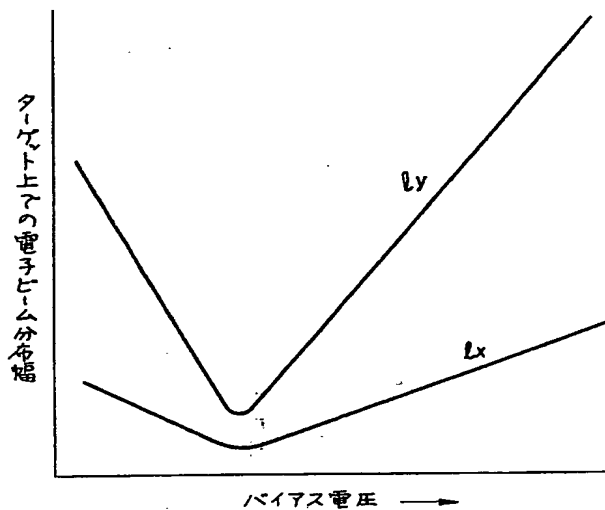
第 4 図
(a)



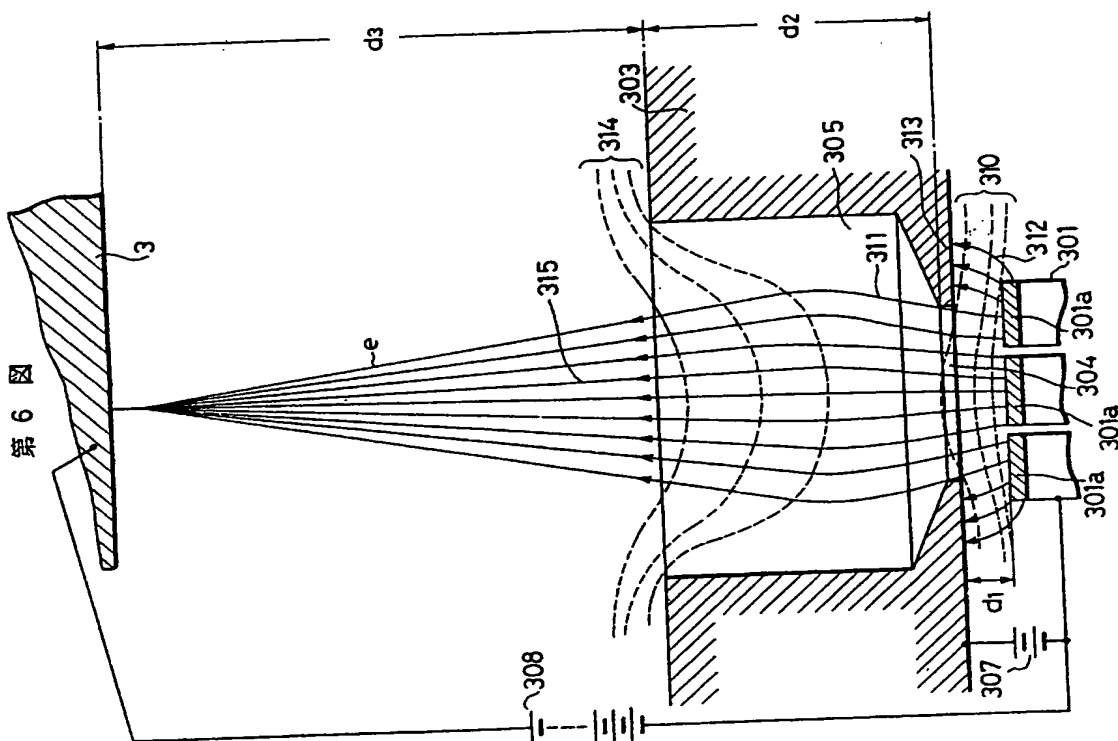
(b)



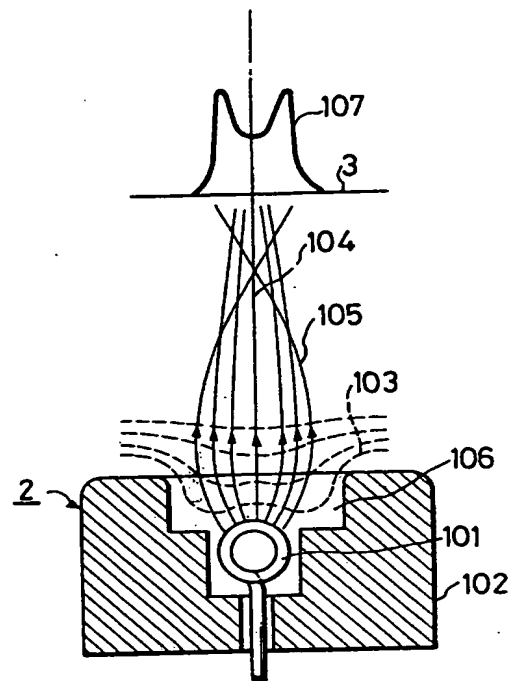
第 5 図



第 6 図

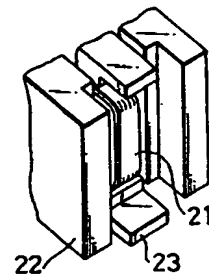


第 9 図

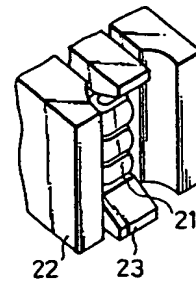


第 11 図

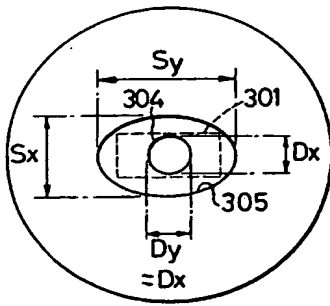
(a)



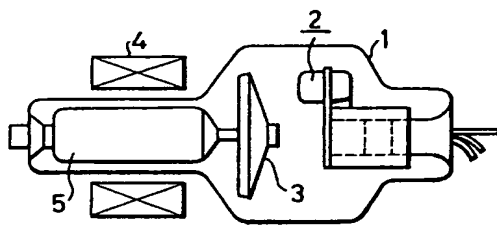
(b)



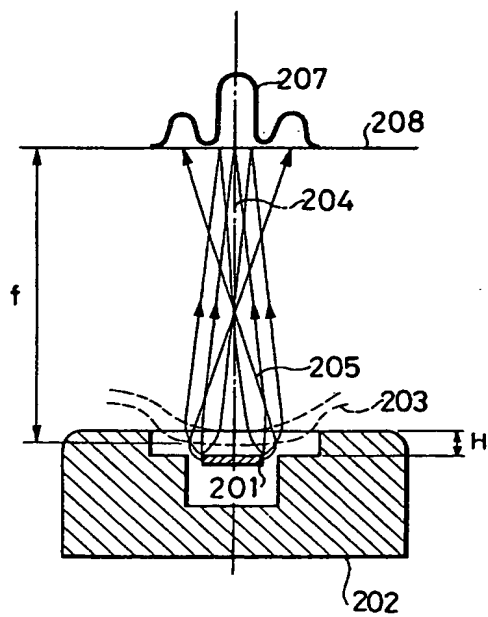
第 7 図

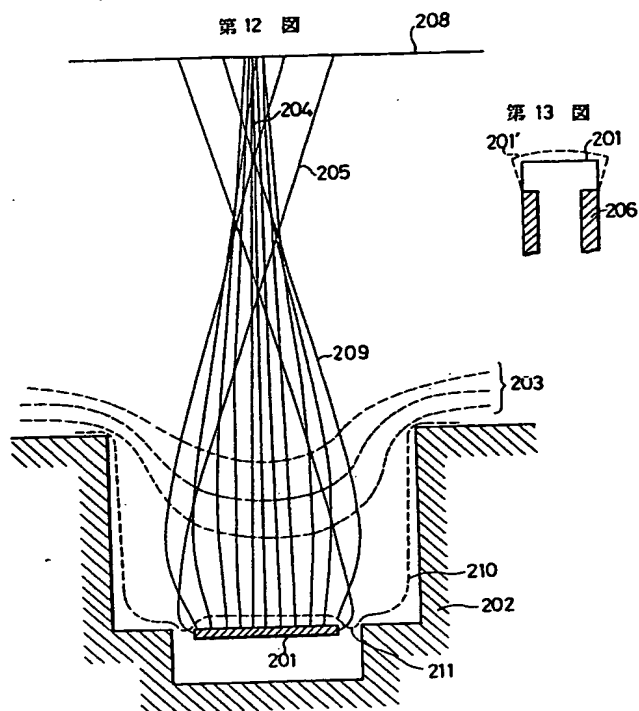


第 8 図



第 10 図





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.